从朗道势垒到奥数 -- 我对未来教育和科学的看法

—— 水往低处流。水可能还会往前流一点，但失去了部分势能，还有各种耗散。

权威学术杂志 Nature Magazine 上的 AlphaGo Zero paper 的错误分析，显示了教育和科学研究中的一些问题 [1]。

本文对教育、人工智能、智力的基础理论、和脑研究的问题逐一讨论，分析教育和科学研究所面临的新挑战。

一、教育

朗道势垒是苏联物理学家朗道招收学生的最低测试，以难度著称。成功通过朗道势垒本身并不是学术研究的成就。

国际数学奥林匹克（奥数）也起源于苏联的中学数学竞赛，但知识层次较低，针对中学数学方法。奥数获奖，虽然是荣誉，但也不是学术成就。就象中国的微雕艺术，是有趣而令人尊敬的技艺，但不是学术研究的主要目的。

近二、三百年，俄罗斯的人口规模和 talent pool 的规模远超过其他欧洲国家。在人才的衡量和选拔上较容易取得优势，也较受注重。

而中国的人口规模和 talent pool 规模更大，远超过世界上的其他发达国家。奥数在中国受到追捧，也不难理解。

关注点从朗道势垒到奥数，体现了所关注的知识层次的降低（也是学术境界的降低），和参与人数的进一步扩大。但科学研究中所需要的一些本质思考方法，从奥数和其他类似的高难度、浅层次、纯技巧训练中是得不到的。对看似规则简单、游戏空间很小的围棋作系统研究，都会涉及很多智力科学的基础理论问题。这在后面部分会谈到。

所以，注重纯技巧的人如果压制、排斥了对科学的哲学性、系统性基础理论研究，就是教育和科学研究出了问题。而科学的哲学性、系统性基础研究，也需要不断发展出有生命力的新理论来证明自己的价值。

科学哲学在 Karl Raimund Popper 以后，基本停滞不前，不但导致智力研究在理论上误入歧途，也使科学研究在整体结构上越来越难以突破。很多耗资巨大的实验结束后，既证明不了什么本质，也否定不了什么本质，使诡辩在科学界又开始流行。

朗道只把自己当作第四流的科学家：牛顿是第一流的，爱因斯坦是第二流的，创建量子物理的才俊们是第三流的，和朗道同时代的美国物理学家理查德•費曼也是第三流的。也许朗道是自谦，但他肯定无法和爱因斯坦相比。而俄罗斯历史上是出过门捷列夫的。

不知道朗道该如何评价伽利略、达尔文。

中国历史上长时间主导教育的儒家，对 STEM（science, technology, engineering and mathematics）比较忽视，也没有好的思考研究方法。现在中国大陆注重解题的教育方法，实际上来自苏联。

前几年美国有试图用计算机和人工智能来解决教育问题，但并不成功。

最近几年，中国大陆有很多网络教育服务转向题库。本人赞成开发更好的题库。但题库之外还有别的更重要的教育问题。

美国的科学高学历实际上已过剩。近几年中国经历了高等教育大发展，科学高学历也很快会过剩。美国、俄罗斯教育遇到的问题，中国也很快会遇到。

这些方面，需要前瞻性研究和特别的机制，来改变“水往低处流”。而开辟智力基础理论研究新领域，深入研究那些重要而又被忽视的问题，会产生新的教育和科学研究需求。

二、人工智能和 AlphaGo 系列的问题

早在 Deepmind 成立之前，我就分析认为电脑围棋可以击败人类顶级棋手，因为围棋是在很小空间里的高度规则化游戏 [2]。这已被证实。但这并不意味电脑围棋有通用智力潜力或超人能力。

AlphaGo Master 击败柯洁后，很多人开始膜拜 AlphaGo Master。而我指出：AlphaGo Master 虽然赢棋，但只要不是最优解，就可能走的是无理棋。这也已被证实。

见到的 AlphaGo Zero 棋谱中，对 AlphaGo Master 的二十局是 AlphaGo Zero 最后版（或稳定版）[3]，有很不寻常现象：AlphaGo Master 执黑的十盘棋中，布局至 16 手完全一样。而 AlphaGo Zero 执黑的十盘棋中，布局至 18 手完全一样，AlphaGo Zero 输棋的 14、16 局，至 45 手完全一样。所以有如下问题：

1）在学术杂志 Nature Magazime 上发表两篇 AlphaGo 系列文章后，Deepmind 有没有在这二十局棋里把 AlphaGo Zero 和 AlphaGo Master 对局的情况，准确全面地告诉公众？

2）公布的这二十局棋谱中，所出现的布局高度类同，是由于 AlphaGo Zero 接近围棋最优解，还是陷入 local trap？如果认为是前者，需要用严格控制条件的严谨实验来验证。如果是后者，AlphaGo Zero 走的也是无理棋，而 AlphaGo 系列的论文和宣传，可能对围棋和智力科学研究带来严重误导。对 AlphaGo 系列，要研究存在的问题，不能膜拜。

开发比 AlphaGo Zero 更强的版本，也不能证明其有通用智力潜力或超人能力，更不能证明其是最优解。准确的验证，需要根据理论研究，设计有针对性的严格控制条件的严谨科学实验 [4]。普通围棋比赛只是 game 或竞技，不是证明学术观点对错的方法。

Superhuman 的一般语义，就是指在人的基础上并有进一步超越。Clock 计时比人准得多，IBM S/360 功能更是强大，早就在许多方面超过人了，包括科学研究领域。如果 AlphaGo Zero 算 superhuman，IBM S/360 早就是 superhuman，根本轮不到 AlphaGo Zero 来宣称。所以，在 Nature Magazine 上发表的 AlphaGo Zero paper 中，宣称的 superhuman 更是指在人的智力基础上并有所超越。至少需要验证有人的智力基础。普通的围棋比赛没有验证这一点，AlphaGo Zero 更没有验证。

我对 superhuman 一词如此在意，是因为近年人工智能和 Technological Singularity 的过度炒作，已经误导了智能的整体研究方向，连 Demis Hassabis 也认为 AlphaGo 系列有通用智力潜在可能。

IBM S/360 确实是划时代的革命。而 Alpha 系列如果连围棋都没有真正解决，不但成不了 IBM S/360，连 Deep Blue 都不如。Deep Blue 至少没有带来危害，如果 Alpha 系列对人工智能出现误导，危险可能很大。所以需要澄清，而更有说服力的依据在于实验验证 [5]。

验证 AlphaGo 系列有没有通用智力、通用方案的潜力，非常简单，费用也很低。围棋下得不好的我就可以做实验，只要 Deepmind team 同意在实验上合作。目的是找出人工智能普遍而严重的问题。我的实验的更大价值在于较准确地测试 AlphaGo 系列的围棋智力上限，这需要一流人类棋手和 AlphaGo 系列对弈，要有使其暴露弱点的方法。而在普通的围棋比赛中，人类一流棋手是否仍有可能击败 AlphaGo 系列，也需要深入验证。

其实 AlphaGo Zero 击败 AlphaGo Master，本身就是人类击败 AlphaGo Master 的证据：人类靠设计新算法系统击败了 AlphaGo Master，而 AlphaGo Master 自身的进化速度远不及人类根据系统结构分析来设计新算法的速度 [6]。在 Nature Magazine 上的 AlphaGo Zero paper 发表前几个月，我就针对 AlphaGo Master 公开分析：利用自我对弈收集数据作 deep-learning 来涨棋，几年后效果会不会又趋缓。事实上，我的猜测不到四个月就被证实。

所以，如果人类能设计更加新的算法击败 AlphaGo Zero，就可以证明 AlphaGo Zero 不是 superhuman [7]。如果人类能设计更更新的算法击败更新的算法，就可以证明更新的算法不是 superhuman。但这种证明仍是经验证明，只能证明某个具体的人工智能软件不是 superhuman，不能从原理上证明 deep-learning、reinforcement、或其它人工智能方法没有 superhuman 和通用智力方案的潜力。

这也再次说明经验检验和数据处理的局限性。经验结果可能证伪，但不能用以证实。如上所述，AlphaGo Zero 击败 AlphaGo Master 实际上证明了 AlphaGo Master 不是 superhuman。所以之前 AlphaGo Master 在网络上对人类的 60 全胜和对柯洁的 3 连胜，并没有证明 AlphaGo Master 是 superhuman；同理，击败 AlphaGo Master 次数再多也说明不了 AlphaGo Zero 是 superhuman。如果无法通过严格控制条件的严谨科学实验，就足以证伪 superhuman [8]。

而 AlphaGo Zero 击败 AlphaGo Master，就是人类击败 AlphaGo Master 的证据这一结论，需要从科学原理作分析才能得出，从数据处理本身是看不出的。

我设计的实验不需要设计新的算法。如果人类棋手在我设计的实验条件下也能胜过 AlphaGo 系列，意味着 AlphaGo 系列所依赖的人工智能技术有更严重的缺陷。

我设计的 AlphaGo 系列实验，基于 Turing Machine 和 deep-learning 的局限，不需要 AlphaGo 系列论文和棋谱中的信息，所以可以用来验证人工智能和计算机本身的局限性。但出于对科学和公众的负责，Deepmind 应该公布全面准确的结果：包括 AlphaGo Zero 对 AlphaGo Master，和最后版（或稳定版）的 AlphaGo Zero 对 AlphaGo Zero 的更多棋谱，以及有关统计结果是根据多少对局计算出来的，等等。

Deep-learning 实际上是用经验数据给计算机洗脑。对人集体洗脑的后果，很容易相互吹捧，相互给 credit，往错误的方向相互 reinforcement。用经验数据给计算机洗脑，是否也会相互给 credit，往错误的方向相互 reinforcement，而陷入 local trap？

硅谷最近十几年，流行一种洗脑：ideas are cheap。这已经破坏了基于概念和思考的理论科学方法，也混淆了科学实验和经验测试的区别。对这种 cheap 定价的洗脑，就是错误的 reinforcement。恶果是：电脑围棋和无人驾驶汽车有很明显的问题，业界却发现不了。

这个方法论上的问题，是重要的现实问题：科学方法和经验方法不同，科学实验结果和经验数据也不同，有些问题经验测试发现不了。我是鼓励研发电脑围棋的，也鼓励研究自动驾驶汽车。只有付出代价研究，才会接受教训。不过我提醒过无人驾驶汽车的有些危险，要大规模应用才可能暴露。

三、智力基础理论

智力不同于能量，所以智力科学是不同于物理学的新学科，这涉及生命的本质。第一次数学危机，其实跟哲学有关，目前的研究不够深入。对毕达哥拉斯体系和无理数的引入，也需要重新认识 [9]。这涉及智力问题，所以智力科学不同于普通的生物学。

人工智能的研究，从 Alan Turing，到 Geoffrey Hinton，到 Demis Hassabis，技术还在发展，但思考深度和境界却在递减。AlphaGo 系列在算法设计上有进步，在是否超越人类智力这一方向性大问题的分析上，却误导了人工智能的发展。

Demis Hassabis 宣称 AlphaGo 系列有通用方案的潜力，却未接受我的实验验证要求 [10]。实际上他只主导了一些应用的开发。而 Geoffrey Hinton 提出的是较系统的思考和方法。

Turing Machine 为计算机提供了理论基础。人工智能和计算机的局限性，需要从 Turing Machine 的局限性去研究。Geoffrey Hinton 对计算机的理解，没有达到 Turing Machine 的本质，也就无法超越 Alan Turing 的思想境界，难以理解人工智能和深度学习的局限性。

要理解人工智能和计算机的局限性，需要建立更准确的智力概念系统。智力科学和物理学、化学、生物学一样，起源于哲学：

一、可以先研究从伽利略的 Dialogue Concerning the Two Chief Word Systems [11]，到广义相对论的发展过程，去理解科学规律的本质。

二、还可以研究从波义耳的 The Sceptical of Chemist，到元素周期表，到量子物理的标准模型的发展过程，去了解科学的深入和具体。

三、还可以研究从达尔文的 On the Origin of Species，到遗传学，到生物学综合的发展过程，去理解生命的本质。

更重要的是，准确的智力概念系统，需要以大量的科学实验作验证为基础。这些实验，不是泛泛的数据收集，而是有针对性的，严密设计的，严格控制条件的实验 [12]。

朗道势垒可以为较成熟时期的物理学选拔专才，但不适合创建智力学科的工作。

美国以前比较鼓励思考、讨论。现在对人工智能的局限性的研究，却受排斥。美国教育抛弃了自己的长处，当然也很快会丧失自己的优势。

以前有种观点，美国的普通教育虽然衰退严重，精英教育还是很强的。但普通教育水准的下降和研究上的缺乏公正，迟早会把精英教育的质量拉下来。热力学的熵定律是不是能提供一些启发。

四、**Leukotomy** 和 **BRIAN Initiative**

Leukotomy 造成严重问题，原因包括：

1）实施该手术时没有区分 personalities 和 mental diseases。由于对 personalities 缺乏研究，目前仍无法准确区分两者。这也使得使用基因技术的 BRAIN Initiative project 更加危险。

2）给 Leukotomy 授与诺贝尔奖时，没有准确地检验 Leukotomy 的后果，对提出警告者也没有重视。而本人对 BRAIN Initiative 提出的警告和对 AlphaGo 系列提出的检验要求，也没有被重视。

3）该手术对 personality 和 intelligence 有严重损伤。连大规模实施者 Walter Freeman 都在一定程度上承认。由于缺乏对 personality 和 intelligence 的了解 [13]，事后的统计并不准确。

BRAIN Initiative project 的很多概念和方法的有效性、可靠性，令人担忧。包括在 NIH 的 BRAIN 2025 Report 中：“there is general agreement that types can be defined provisionally by invariant and generally intrinsic properties”，基于这些 invariant 和 agreement 的分类是否可靠及提供本质的 insights？这样能否“envision an integrated, systematic census of neuronal and glial cell types”？如此分类和 dynamic brain mapping 能否“Link brain activity to behavior”和“Produce conceptual foundations for understanding the biological basis of mental processes”，特别是对许多超出视觉、听觉、运动等等动物生理层次的重要 mental processes 和 behavior？等等。

BRAIN Initiative project 的另一个支柱：基因方法，更加危险。因为对人的 personality 和 intelligence 缺乏研究和了解，把 brain mapping 和基因跟 personality 和 intelligence 作的对应也不可靠。众所周知，收集统计数据时很容易在收集环境里无意中引入隐性假设（hidden assumptions），甚至被操纵。所以，一般的数据收集不是科学实验。科学实验需要更严谨的设计、严密控制实验条件。

除了少数明确的基因疾病，大部分疾病跟基因的相关性非常薄弱。很多生理特点，在某些环境下有竞争劣势，而在其他未知的（包括未来的）环境里可能有竞争优势。而 personality 和 intelligence 更具有高度可塑性，跟基因关联性更加小。

如果 BRAIN Initiative project 草率用基因和 brain mapping 来定义某些 mental diseases、解释 personality 和 intelligence，不但会误导研究，而且对人的基因的选择和控制的泛滥会造成基因固化、人的退化，损害人的 personality 和 intelligence 的发展，破坏社会文化的演化，造成文明的衰退。这比 leukotomy 更加危险。

如果对 leukotomy 的错误都无法纠正，对 AlphaGo 系列都无法作严谨的实验检验，对更复杂而更难了解的人的基因组合的解释、选择和控制，出错的可能性更高。而人的自我控制，包括基因选择和控制，不是演化的最终决定者，有更高的力量决定人类的命运。

受过相关学术训练的人看不到或无法纠正这些明显的问题，说明现在的教育出问题了。所以需要深入全面研究人的 personality 和 intelligence，来准确界定 mental diseases 和限定基因选择和控制的使用。

BRAIN Initiative 对 brain mapping 的过分倾斜也很不合理，使真正的 human level intelligence 基础研究得不到资源而受排斥。除了解释不清 personalities、intelligence 和 mental diseases 之间的准确区别，BRAIN Initiative 和 neurosciences 也无法解释清楚：AlphaGo 等人工智能是否具有 generic human intelligence，亚里斯多德思维模式和科学的区别，等等关键性问题。本人建议对 AlphaGo 系列实验，作为检验这些问题的开端，也计划通过围棋、语言、哲学、数学、科学等等的系列性智力研究来弥补 neurosciences 的局限性 [14]。

五、结语

科学的生命力在于设计可验证的理论。本人已经指出 AlphaGo Master 不具有人类智力的证据。按 AlphaGo Zero 的结构分析，设计能击败 AlphaGo Zero 的 AlphaGo 新版本应该也是可以的。而以前我对电脑围棋和 AlphaGo Master 的分析预测已经一一被证实，所以我提出的实验要求是有依据的。该实验能揭示更多的人工智能和计算机的本质，较准确地测试 AlphaGo 系列的智力上限，并检验是否有更严重的问题。实验思想和方法也很简明。

AlphaGo 系列的问题，涉及数学和算法的本质，需要新的理论才能作分析和科学验证。而基于语言和基于生命的智力研究，涉及更多的哲学和科学本质，更加复杂。对智力科学新领域进行系统理论研究，也有助于在其他学科如生物、物理、数学等等的突破性发展。

近年有些人试图抬高亚里斯多德，还有抬高第谷、炼金术的，还有宣传 Technological Singularity 的。基于基因技术的 BRAIN Initiative project 更加危险。所以进行智力基础理论研究和实验，澄清科学的基础，非常重要。如果人工智能在小小的围棋盘上都无法通过检测，Technological Singularity 是 baseless 的。

在科学上观点正确却没有权势没有资源的一方，要求公正的实验是最后的生机。如果有权势资源的那方，拒绝以公正的实验来检验，等于要把正确观点逼入死路。所以，权势和资源也应该意味着责任。

科学不是凭主观去判断该相信谁，而是靠严谨设计、严格控制条件的实验来验证。宣称 AlphaGo Zero achieved superhuman performance、以及 Demis Hassabis 宣称 AlphaGo 系列可以作为通用智力方案，超出了围棋比赛的范围，需要用科学实验来检验。

~~~~~~~~~~~~

[1] 人无完人，学术上有错误，只要澄清、修正即可。

[2] 许峰雄在 Cracking Go 文中更早提出。但他的依据很多来自开发 Deep Blue 的经验，对围棋不一定成立。我的依据是理论分析，不依赖经验，所以成立。而且我的理论分析可以延伸到：AlphaGo 系列虽然赢棋，但只要不是最优解，就可能走的是无理棋；可以设计严格控制条件的严谨实验来检验 AlphaGo 系列是否有通用智力潜力，是否超人。

[3] 根据 http://www.alphago-games.com/，AlphaGo Zero 对 AlphaGo Zero 中只有一局是最后版（或稳定版）的。在 https://www.101weiqi.com/chessbook/player/38348/也有相关棋谱。

[4] 第一轮实验后，开发者可能修改软件。所以，第一轮实验的机会只有一次，需要较大规模的实验，来收集足够的实验证据。

围棋是和平的竞技，不是战争艺术。围棋高度抽象而又直观，既古老又现代，能吸引亚洲以外的电脑研究。Crazy Stone、AlphaGo 先后以不同风格引领潮流，使围棋已经成为跨文化研究、交流的平台。而对 AlphaGo 系列的可疑宣称事关重大学术方向，需要验证。

如果 AlphaGo 系列无法通过我设计的实验，建议向围棋爱好者募集基金，用以向世界各地推广围棋，培育思考习惯、促进和平发展和文化交流、并帮助智力科学的研究。如东南亚、南亚等等地区有很多人口规模较大的低收入国家，可能为围棋带来大量的新鲜血液。而作为较理想的智力科学实验工具，围棋对较发达或富有的国家也有潜在吸引力。

我对 AlphaGo 系列的实验不需要完全的白盒子测试，但要明确所有需要的软件、文件和硬件。如果 Google 愿意通过公正严谨的科学实验来检验，
~~~~~~~~~~~~

一个办法是仿照美国国会图书馆先例，先向国会图书馆递交 AlphaGo 柯洁版、AlphaGo Zero、和最新 AlphaGo 三个版本所需要的所有软件、文件和硬件，捐款给图书馆更好。以后在第三方场地实验时，可以向国会图书馆核对软件、文件和硬件等版本。Human level artificial intelligence 是人类史上重大关键性事件。如果无人能找出 AlphaGo 系列的问题，国会图书馆也有继续保留其版本的价值。其他人有实验想法，可以先做。如果其他人都失败了，就没有道理拒绝我的实验方案。

上述费用是由于 Google/Deepmind 不愿意开诚布公讨论 AlphaGo 系列的问题造成的。但这也为以后的人工智能测试建立了一个范式。一旦熟悉这种流程和相关实验设施建立好，以后对重要的人工智能测试费用会大大降低。

[5] 我选择的实验工具是围棋，因为可以通过围棋的特点验证说明问题。只要围棋上无法通过我的实验检验，就足以否定 superhuman 和通用智力的宣称。炒作其他棋牌或项目，也说明不了问题。Alpha 系列的局限性，源于人工智能和计算机本身，其严重性见 [6]。

其实 Deepmind 的 Alpha 系列文章的思想方法有明显的结构性错误，不用实验都应该能看出来。我提出实验要求，一是要防止可能的诡辩抵赖，二是要使别人正式承认我的研究成果，还我公正。如果 Nature Magazine 继续发表 Alpha 系列文章，我会进一步说明其错误。

[6] 这衍生出一个现实问题：某些人是否能设计出新的算法击败未来已出厂的无人驾驶系统。我的实验不使用更加新的算法来击败 AlphaGo 系列，如果人类棋手也能胜过 AlphaGo 系列，则意味着更严重的问题：自动驾驶小规模的路试，就象 AlphaGo Master 的 60+3 连胜一样，无法说明问题。有些问题在大规模应用之前不足以暴露。本人不研究自动驾驶，出于人工智能的局限性，提醒需要慎重研究基础理论。如果对简单得多的电脑围棋问题的验证要求也被拒绝，会非常令人困惑。

人工智能最大的危险，不是其太强大可能控制或消灭人类，而是大规模应用不成熟的人工智能可能带来巨大灾难。人类如果大规模依赖智力低下的人工智能来从事智力工作，会使社会快速丛林化。跟人类相比人工智能是否智力低下，简单的实验就能验证。

当然 AlphaGo Master 不是生命，AlphaGo Master 进化速度慢，不能说明生物的演化本质。部分原因是裁定围棋胜负的规则是由人类定义的，而生物演化的规则并非由人类定义。

[7] http://www.alphago-games.com/上，Full Strength of Alphago Zero, i.e. Final Form，被称为 40 Blocks。20 Blocks 被称为 Not Full Strength of Alphago Zero。所以能设计出新的系统击败 Alphago Zero 也是非常可能的。这种经验方法就可能证明 Alphago Zero 不是 superhuman，而我的科学实验验证方法更系统，用渐进的方法验证所有人工智能的结构性问题。

[8] 我设计的实验，实验结果全部是公开的。实验后我也会公开我对实验结果的分析，别人也同样可以对实验过程和实验结果作分析、推敲。这样才是科学实验。

[9] 物理学界有人质疑时空是连续的。有人更以此质疑我的智力理论。对我的质疑毫无道理。第一，要看非连续的时空理论是否可验证。很多现代物理理论根本没法验证，没法验证的就不是科学。象围棋走法的数量超过宇宙的原子数就是这种理论，因为对宇宙原子数量的推测根本不可靠，也无法验证。第二，著名物理学家的观点不一定是对的，如牛顿迷恋炼金术。第三，时空的定义和时空的测量是两回事，我的智力理论跟时空在测量上是否是连续根本没有关系，我研究的是无理数在科学及其未来发展上是否不可缺少，这是智力科学的问题。这再次说明智力科学和物理学是不同的。

对第一次数学危机的重新认识，超越数学和物理学，涉及科学的本质，是哲学和智力问题。智力研究作为科学，从可验证的 AlphaGo 系列的问题着手，可以逐步深入。

[10] 人类事实上已经击败了 AlphaGo Master。所以我的分析、预测和立论基础都已经被证实。如此重要的学术争议应该用严格的科学实验来进一步验证，用傲慢来拒绝实验不是科学的方法。AlphaGo 的开发者都没有一流围棋水平，第一篇 AlphaGo 论文的作者甚至都没有专业围棋段位，我通过更本质的研究当然可以设计检验 AlphaGo 系列的实验。

[11] Dialogue Concerning the Two Chief Word Systems 实际上把科学建立在 Socratic Method 和科学实验的基础上。文中有错误，特别是关于潮汐的。科学不是完美的，但科学需要能改进错误的方法。文中倡导的思考和方法，可以发现和纠正关于潮汐的错误。

伽利略文中的错误，和笫谷的错误不一样。伽利略的思想方法是对的，理论体系也是对的。而笫谷的思想方法是错的，理论体系也是错的。如果采用笫谷的理论，就无法发展出牛顿的物理基本理论。这也正是深度学习和 AlphaGo 的问题。它们也无法区分：理论体系的错误，和个别可排除的错误，之间的区别。

所以该文提供了科学的良好范本。科学不应该戴上圣人的面具，科学应该放下身段来平等讨论。

[12] BRAIN Initiative project 也涉及数据收集的问题，见三、**BRIAN Initiative**。

[13] 对下围棋这样非常专门化的人类 intelligence, Demis Hassabis 都有明显误解。所以对 AlphaGo 系列作严格的科学实验，验证对人类 intelligence 是否确实存在误解非常重要。

[14] 相关研究中需要的更多证据，可以从基于语言（数学也是一种特殊的语言）和基于生命的研究中去寻找。但除了一些理论分析如已公布的之外，严格控制条件的实验证据需要较长时间的研究。而对 AlphaGo 系列的精准实验非常简单，即刻能做。